

東広島天文台かなた望遠鏡 主鏡の再蒸着・洗浄

広島大学・宇宙科学センター 秋田谷 洋 + 広大かなたチーム

1 はじめに

- 我々は東広島天文台において口径1.5mかなた望遠鏡(図1)を運用している。
- 主鏡材はULEガラスであり、鏡面にはアルミニウムが蒸着されている(図2、表1)。
- 望遠鏡は、年間約250夜(観測のためドームを開けた夜数換算)に達する高頻度で利用されており、経時とともに蒸着面の劣化や汚れの付着が生じる。
- 望遠鏡の反射率を維持するために、数か月おきの主鏡洗浄、および、ほぼ1年おきの主鏡再蒸着を行っている。それらの状況について報告する。

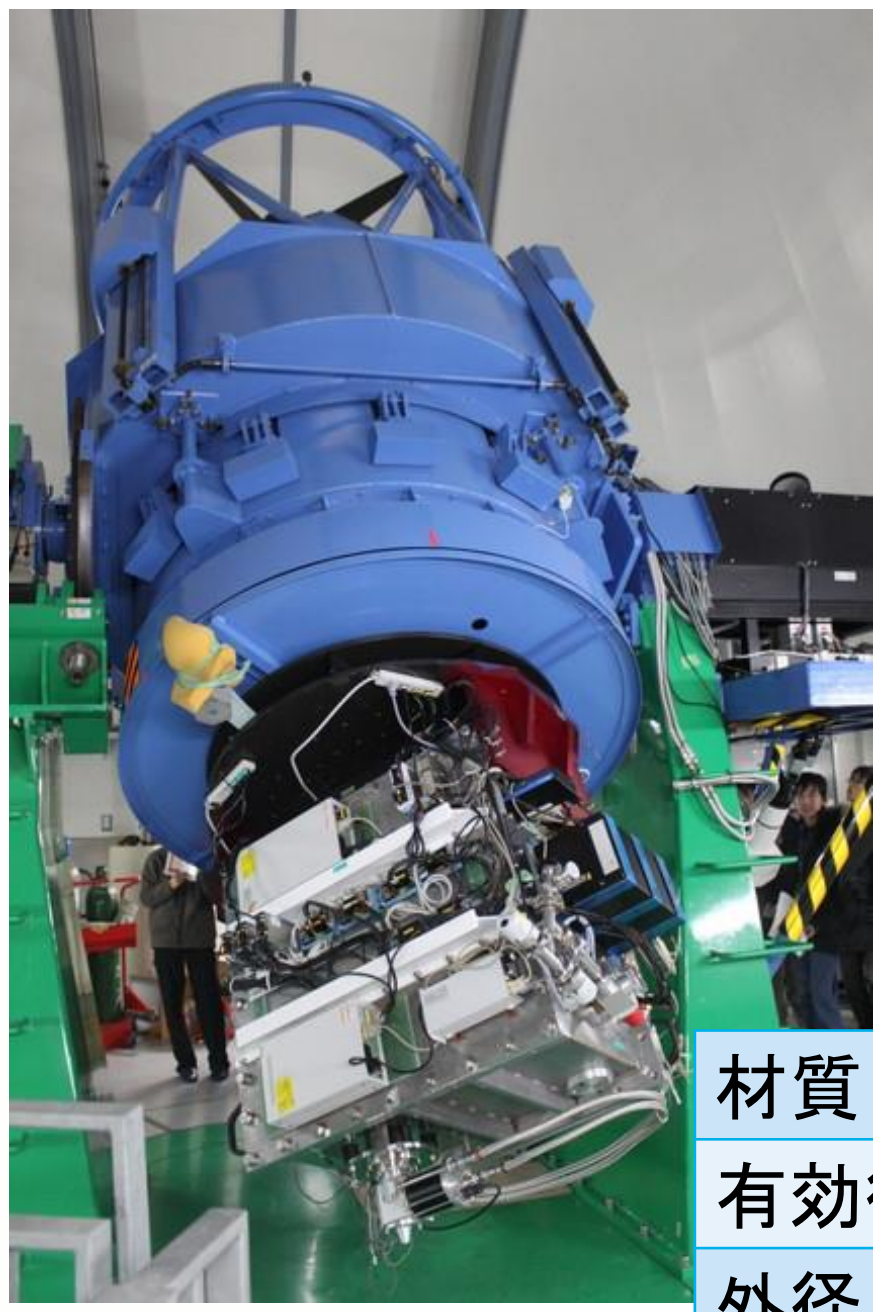


図1: かなた望遠鏡

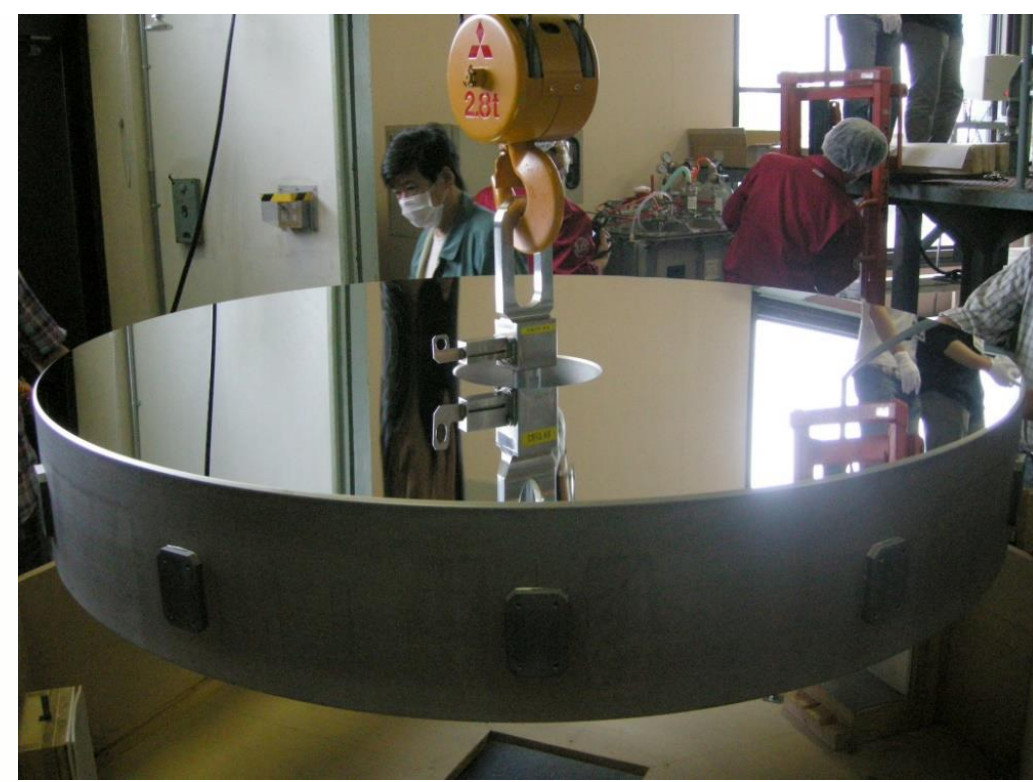


図2: かなた望遠鏡主鏡

表1: かなた望遠鏡主鏡の主要仕様

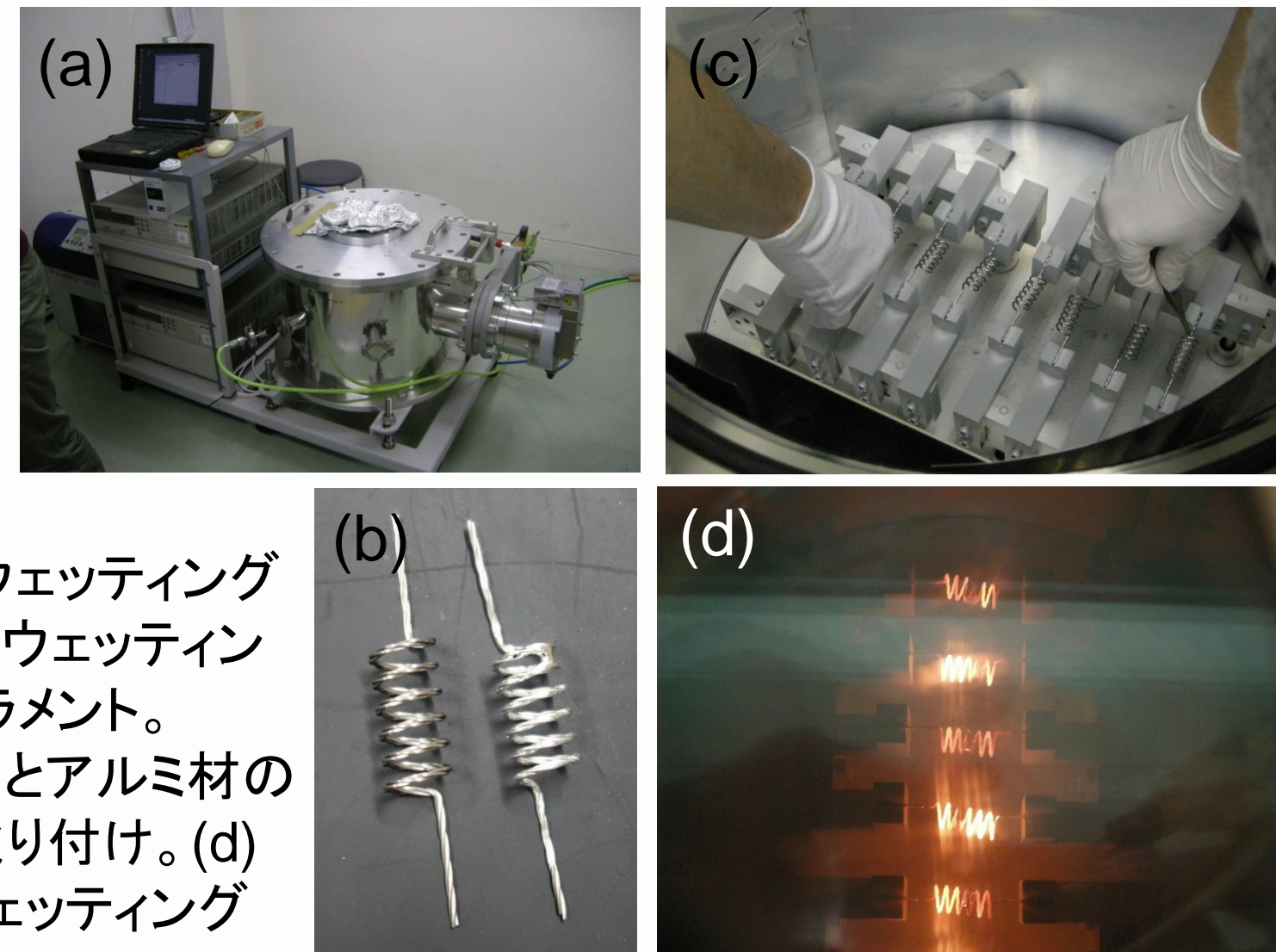
材質	ULE(極超低膨張ガラス)
有効径	1500 mm
外径	1600 mm
光学系	Ritchey-Chretien系
F比	2.0
厚さ	約20cm
重量	983 kg

2 主鏡再蒸着作業

(1) プリウエット作業

- 蒸着作業に先立って、タングステンフィラメント表面にアルミ材を付着(ウェットイング)させたアルミ付フィラメントを作成する。
- 国立天文台岡山天体物理観測所(OAO)のプリウエット専用の設備を用いる。
- 必要数100本(予備含む)を製作する。
- 3名で2泊3日程度を要する。

図3: (a)プリウエット専用真空室。(b)ウェットイング前後のフィラメント。(c)フィラメントとアルミ材の真空室への取り付け。(d)加熱によるウェットイング



(2) 再蒸着作業

- 岡山天体物理観測所(OAO)の設備を用いる。
- 望遠鏡からの脱着・輸送を含めて、3日を要する。
- 望遠鏡からの脱着作業は広大メンバー6名程度以上+西村製作所3名。OAOにおける蒸着作業は広大メンバー6名程度以上+西村製作所3名+OAO所員数名を要する。

課題: 従来は、経験のあるOAO職員の主導で再蒸着作業を行ってきた。しかし、OAO側人員の不足により、今後はOAO設備は借りつつも、**広大メンバーの主導で再蒸着の全作業を行う必要がある**。広大メンバーの作業の習熟が急務である。

1日目

(東広島天文台)

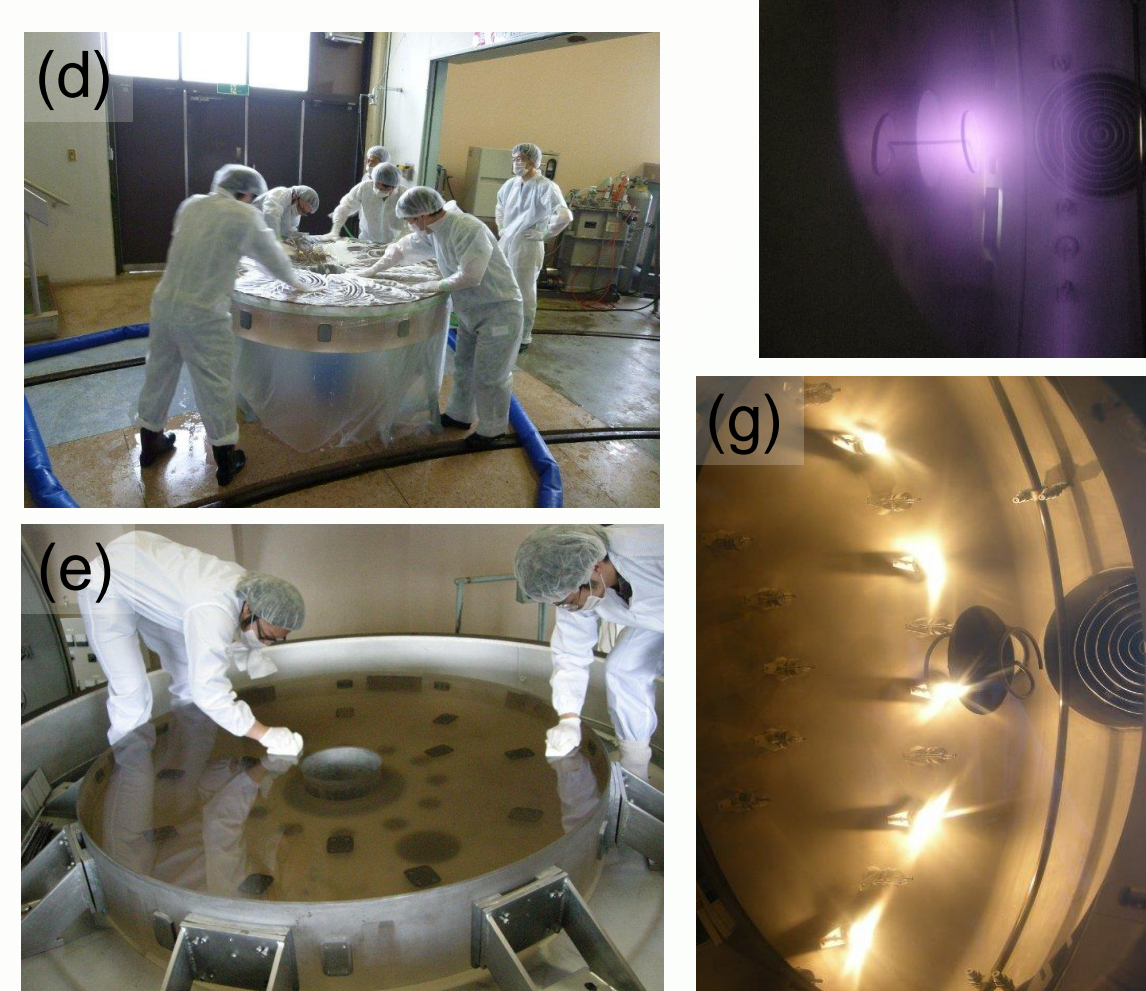
- カセグレン装置取り外し^(a)
- 主鏡セルの取り外し^(b)
- 主鏡をセルから取り外し^(c)
- OAOへの輸送(~100km)



2日目

(OAO)

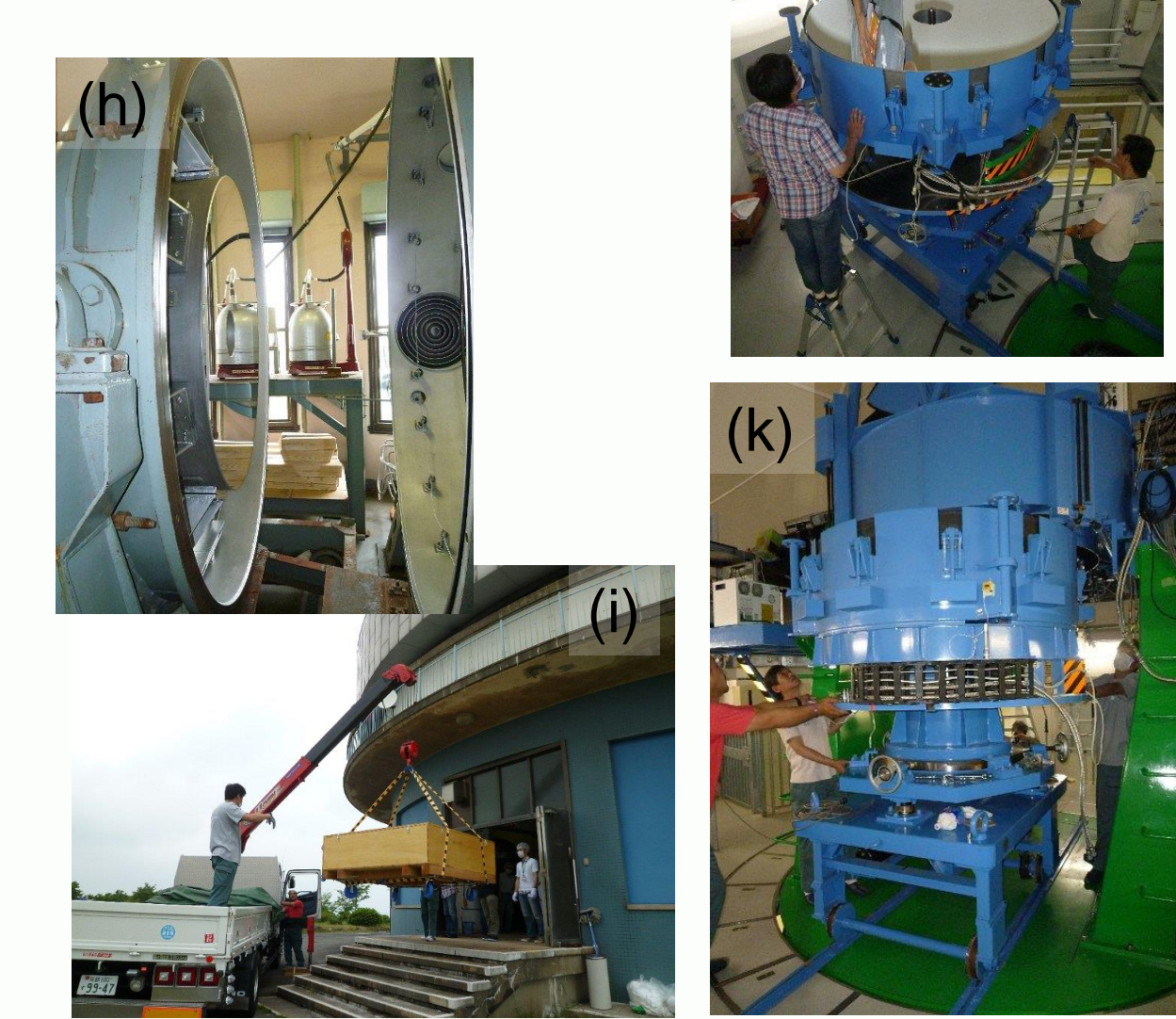
- 古い蒸着膜の除去・鏡面洗浄(塩酸・硫酸銅溶液、重曹、エタノール、アルコールエーテル、乾拭き)^(d)
- 真空蒸着釜への主鏡封入・アルミフィラメント装着^(e)
- イオンボンパードメント^(f)
- 蒸着^(g)



3日目

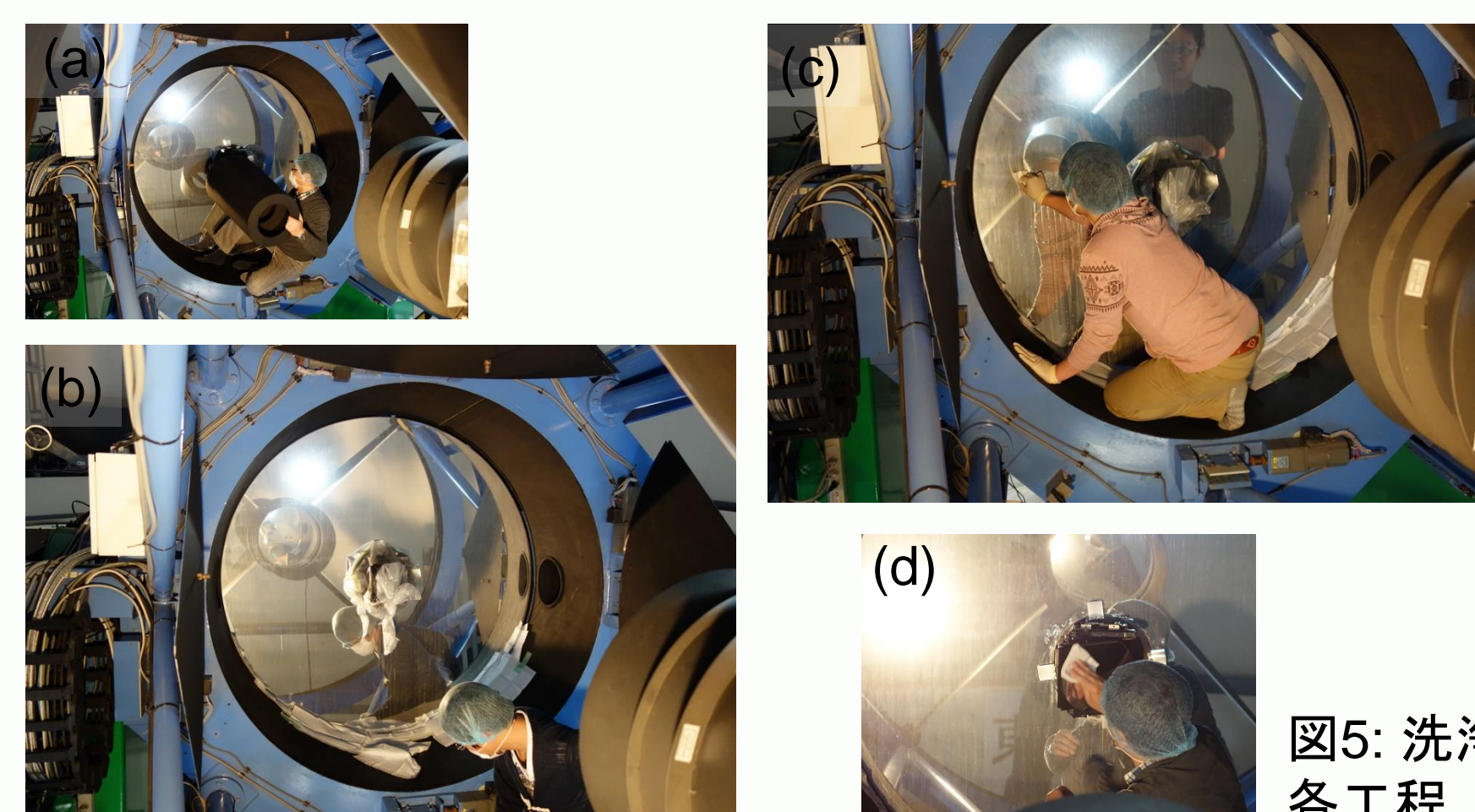
(OAO)

- 真空釜からの取り出し・検査(反射率測的・スコッチテープテスト)^(h)
- 東広島天文台への輸送⁽ⁱ⁾
- 主鏡の再装着^(j,k)
- カセグレン装置再装着



(3) 洗浄作業

- 数ヶ月おきに、工業用洗浄材(OLYMPUS HYPERCLEEN EE-3310)を用いて主鏡に付着した汚れを洗い流している。
- 3名で1時間程度を要する。
- 併せて、第3鏡(アルミ反射膜+SiO₂保護膜)のエタノール拭上洗浄も実施している。第2鏡(アルミ反射膜+SiO₂保護膜)については特に洗浄は行っていない。



- パツフルを取り外す。^(a)
- 第3鏡の保護・洗浄液流出防止用の目張り(ペット用おむつ・ポリエチレン発泡体チューブ)を施す。^(b)
- 洗浄。洗浄液を浸した綿布(コットンシーガル)を鏡面に軽く押し当て、搾り出した洗浄液で汚れを洗い流す。^(c)
- 第3鏡をエタノールで拭き上げる。^(d)

図5: 洗浄作業の各工程

3 洗浄・蒸着の効果の評価

- 主鏡洗浄や再蒸着の直前に、デジタル顕微鏡((株)テック 秀マイクロン3; 最大230倍)を用いた表面観察を行った(図6、7)。
- 2013/4の洗浄直前は、30-50 μ m径の黄色い粒子(黄砂?)と数~50 μ m大の不規則形状の黒い物質(排気ガスカーボン?)の付着が顕著であった(図6(b),(c))。
- 2013/11の蒸着直前の鏡面には、数10 μ m径の白斑が鏡面全体に様に分布していた。アルミ反射膜の劣化であろう。まばらに分布する目視できる異物は、進行したアルミ腐食とみられる構造(図7(b)-(d))や、虫や板片などの付着であった(同(e))。

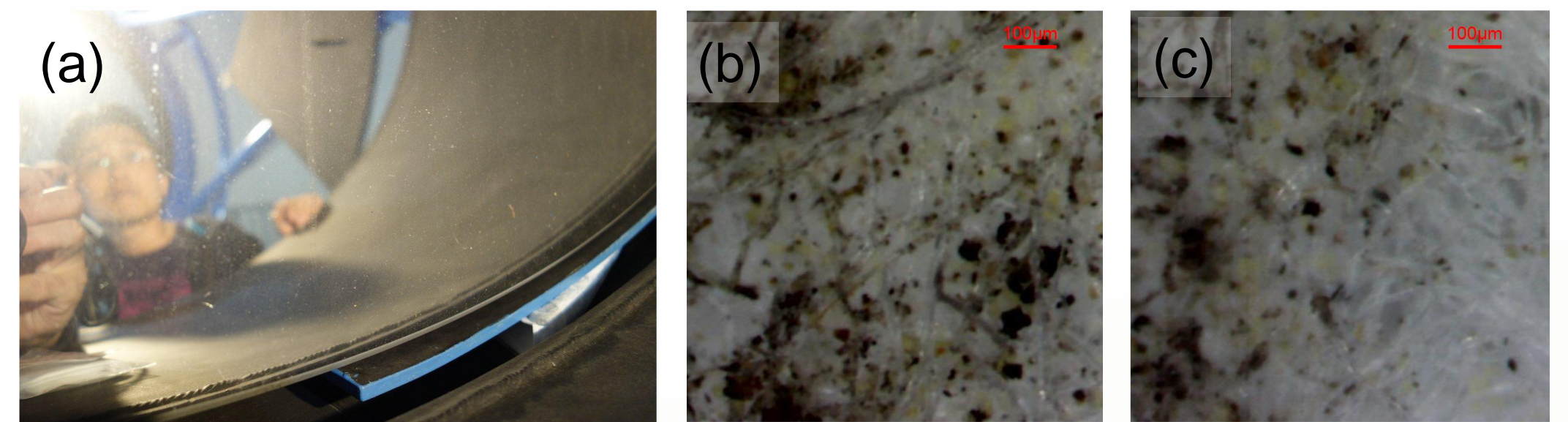


図6: 2013/4洗浄直前。前回洗浄から2ヶ月経過。(a)観察部位の俯瞰。(b)(c)綿布に拭き取った付着物の顕微鏡写真

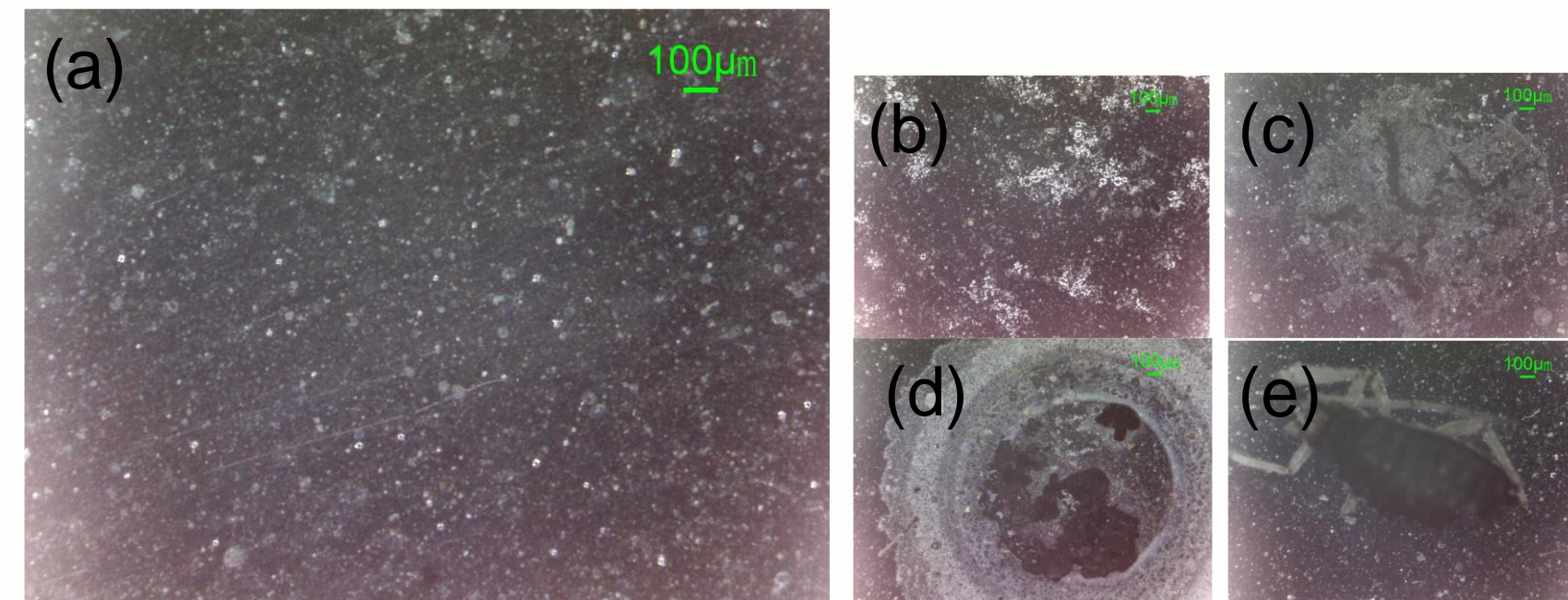


図7: 2013/11蒸着直前の鏡面顕微鏡観察。前回洗浄から3ヶ月経過。(a)典型的な鏡面顕微鏡観察。(b)-(e)目視で認識できる異物の拡大。

- 再蒸着の前後に、スキヤトロメータ(TMA μ Scan H-670-01)を用いて、波長670nmにおける反射率を測定した(表2)。
- 2013年の洗浄の前後に、望遠鏡に搭載した可視光観測装置(ナスマス焦点HOWPol)によりドームフラット(光量は数 \times 0.1%で安定)の画像を撮像し、前後の相対的な望遠鏡効率変化を測定した(表3)。
- 洗浄を行わないと、12ヶ月間に反射率が~75%まで低下する(表2・2010年)。
- 洗浄を行うことで、同期間の反射率低下を最大81-82%程度まで抑制できる(表2・2012年)。洗浄により、**可視波長全体で4-7%程度望遠鏡効率(注・M3洗浄効果も含む)が回復する**(表3・2回目)。
- 但し、12ヶ月を超えると、洗浄では反射率が回復しなくなる(表3・3回目)。17ヶ月で反射率は76%程度まで低下する(表2・2013年)。
→ **短期的には反射率低下の原因が汚れの付着であるのに対して、長期的には反射膜の劣化が支配的になるためと考えられる。**

表2: 再蒸着前後の反射率変化

再蒸着日	蒸着間隔	蒸着前洗浄回数	蒸着前反射率	蒸着後反射率
2010/6月上旬	12ヵ月	0	75.4 \pm 1.5 %	90.1 \pm 0.2 %
2011/6/9	12ヵ月	1-3	76.7 \pm 1.5 %	88.4 \pm 0.3 %
2012/6/21	12ヵ月	2	~81-82 %	~90 %
2013/11/20	17ヵ月	3	~75.7 \pm 0.8 %	90.7 \pm 0.1 %

表3: 2013年の洗浄前後の望遠鏡効率変化(洗浄前に対する相対比)

	1回目			2回目			3回目		
	2013/2/1			2013/4/30			2013/8/22		
前回洗浄・蒸着からの期間	7ヵ月			3ヵ月			4ヵ月		
効率回復 B-band	欠測			+6.7 \pm 0.3 %			±0.0 %		
V-band	欠測			+6.2 \pm 0.1 %			+1.5%		
R-band	欠測			+6.1 \pm 0.2 %			+0.4%		
I-band	欠測			+4.3 \pm 0.5 %			+0.4%		

- 2013/11の蒸着前後に、可視装置(HOWPol)で測光標準星観測(大気減光補正)を行い器械等級原点を測定し、主鏡反射率の相対変化の波長依存性を評価した(図8)。
- 有意な波長依存性は見られなかった。蒸着により、**可視波長全体で反射率が回復したとみられる。**

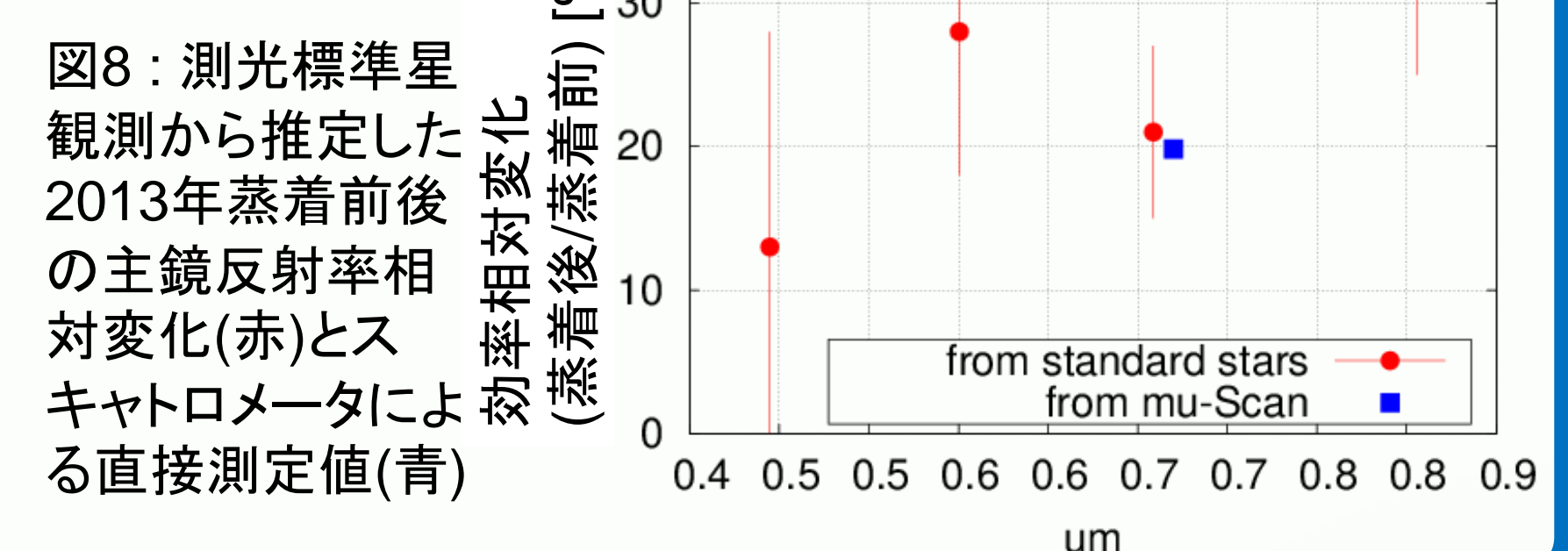


図8: 測光標準星観測から推定した2013年蒸着前後の主鏡反射率相対変化(赤)とスキヤトロメータによる直接測定値(青)

本報告に関連する参考文献

- 渡辺ほか, 1995, 国立天文台報, 2, 523 (鏡面クリーニング)
- 沖田ほか, 1994, 国立天文台報, 2, 469 (ULE鏡洗浄蒸着)
- 沖田ほか, 1995, 国立天文台報, 2, 645 (赤外シミュレータ=かなた望遠鏡の前身)
- 佐々木ほか, 1999, 国立天文台報, 4, 121 (プリウエット)

謝辞 主鏡再蒸着作業においては、小矢野久氏をはじめとする国立天文台岡山天体物理観測所所員の皆様から多大な支援を受けました。心より感謝いたします。